

**Simultaneous analog-to-digital conversion of several analog signals involves spectral spreading, summation, digitization and spectral respreading to form several digital signals**

Patent Number: DE10042959

Publication date: 2002-01-03

Inventor(s): BAIER PAUL WALTER [DE]; MEURER MICHAEL [DE]

Applicant(s): SIEMENS AG [DE]

Requested Patent:  DE10042959

Application Number: DE20001042959 20000831

Priority Number(s): DE20001042959 20000831

IPC Classification: H03M1/12; H04J13/02; G06F3/05; H04Q7/20

EC Classification: G06F3/05, H03M1/12M4, H04J13/02

Equivalents:

---

**Abstract**

---

The method involves spectrally spreading the analogue signals ( $s_1(t)$  to  $s_N(t)$ ) using orthogonal code signal information, summing the spread analog signals, converting the analogue summation signal to form a digital summation signal ( $s_{\sigma}(t)$ ) and spectrally re-spreading the digital summation signal to form several digital signals. Independent claims are also included for the following: an arrangement for simultaneous analog-to-digital conversion of several analog signals and a transmitter/receiver device for a radio communications system with an arrangement for simultaneous analog-to-digital conversion of several analog signals.

---

Data supplied from the [esp@cenettest](mailto:esp@cenettest) database - I2



⑯ **Patentschrift**  
⑯ **DE 100 42 959 C 1**

⑤ Int. Cl. 7:  
**H 03 M 1/12**  
H 04 J 13/02  
G 06 F 3/05  
// H04Q 7/20

⑯ Aktenzeichen: 100 42 959.9-42  
⑯ Anmeldetag: 31. 8. 2000  
⑯ Offenlegungstag: -  
⑯ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 3. 1. 2002

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

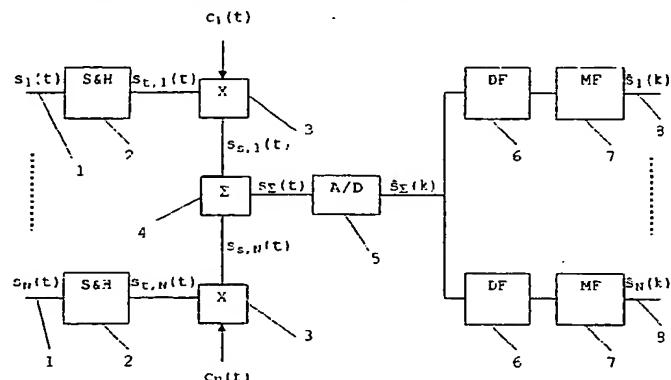
⑯ Patentinhaber:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑯ Erfinder:  
Baier, Paul Walter, 67661 Kaiserslautern, DE;  
Meurer, Michael, 67663 Kaiserslautern, DE

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
PETRINOVIC, D.: "High efficiency and Liptens,  
scheme for multi-channel AID conversion, In: Proc.  
of 1998 Midwest Symposium on circuits and  
systems,  
Notre Dame, 1998, S. 534-537;  
T.J. Sohering et al.: "The impact of multiplexing  
on the dynamic requirements of analog - to digital  
converters", In: IEEE Transactions on  
instrumentation and measurement, Vol. 45, No. 2,  
April 1996, S. 616-620;  
C.A. Grimbergen et al., "System configuration  
with A/D conversion for multichannel  
bioelectric recordings", In: Proc of the 16th  
annual International Conference of the IEEE  
Engineering in Medicine and Biology Society,  
Baltimore, 1994, Bd. 2, S. 996-997;  
SCHRÜFER, E.: "Elektrische Messtechnik: Messung  
elektrischer und nichtelektrischer Größen",  
4. Aufl. Hanser Verlag, München/Wien, 1990;

⑯ Verfahren und Anordnung zur gleichzeitigen Analog-Digital-Wandlung mehrerer analoger Signale

⑯ Beschrieben wird ein Verfahren und eine Anordnung  
zur Analog-Digital-Wandlung mehrerer analoger Signale  
( $s_n(t)$ ) in mehrere digitale Signale ( $\hat{s}_{n,k}(t)$ ) wobei eine  
spektrale Spreizung der analogen Signale ( $s_n(t)$ ) mittels  
orthogonaler Codesignalformen ( $c_n(t)$ ), eine Analog-Digital-  
Wandlung des analogen Summensignals ( $s_{\Sigma}(t)$ ) der  
gespreizten analogen Signale ( $s_n(t)$ ) und eine spektrale  
Rückspreizung des digitalen Summensignals  
( $\hat{s}_{\Sigma}(t)$ ) zu mehreren digitalen Signalen ( $\hat{s}_{n,k}(t)$ ) erfolgt.  
Die Erfindung ist beispielsweise in Funk-Kommunikati-  
onssystemen anwendbar.



## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Analog-Digital-Wandlung mehrerer analoger Signale in mehrere digitale Signale sowie eine entsprechende Anordnung und eine Sende-/Empfangseinrichtung eines Funk-Kommunikationssystems, die eine solche Anordnung beinhaltet.

[0002] In vielen technischen Gebieten werden zunehmend Verfahren der digitalen Signalverarbeitung eingesetzt. Die digitale Signalverarbeitung setzt voraus, dass zu verarbeitende analoge Signale  $s_n(t)$ ,  $n = 1 \dots N$  entsprechender analoger Signalquellen in digitale Form umgewandelt werden müssen. Hierzu wurde im Stand der Technik früher meist ein Analog-Digital-Wandler pro Signalquelle bzw. Signal  $s_n(t)$  verwendet, der das analoge Signal mit einer bestimmten Abtastrate  $f_{s,n}$  abtastet.

[0003] Mit steigender Zahl  $N$  der durch eine Gesamtanordnung abzutastenden Signale wird jedoch die Verwendung von separaten Analog-Digital-Wandlern pro abzutastendem Signal immer unwirtschaftlicher. Der Einsatz von  $N$  separaten Analog-Digital-Wandlern zur Abtastung von  $N$  analogen Signalen bedeutet einen hohen Aufwand an Material und eine hohe Gesamt-Leistungsaufnahme der  $N$  Analog-Digital-Wandler während des Betriebs einer solchen Anordnung.

Soll außerdem ein synchrones Abtasten der  $N$  Signale erfolgen, d. h. für den Fall, dass die Phasen- und Zeitbezüge zwischen den einzelnen Signalen von Interesse sind, so ist ein erheblicher Aufwand an Synchronisierungseinrichtungen vorzusehen.

[0004] Eine bisherige Lösung dieses Problems ist, einen einzigen leistungsfähigen Analog-Digital-Wandler in einer entsprechenden Gesamtanordnung vorzusehen, dem die  $N$  abzutastenden Signale jeweils ausschnittsweise und gegeneinander zeitversetzt, also in Form eines Zeitmultiplexverfahrens, zuzuführen. Dies ist möglich, wenn die  $N$  analogen Signale eine einheitliche Bandbreite  $B$  aufweisen und mit gleicher Abtastrate  $f_s$  abgetastet werden sollen. Eine solche Maßnahme wird beispielsweise in D. Petrinovic, "High efficiency multiplexing scheme for multi-channel A/D conversion", Proc. Of 1998 Midwest Symposium on Circuits and Systems, Notre Dame, 1998, S. 534–537 sowie auch in T. J. Sobering et al., "The impact of multiplexing on the dynamic requirements of analog-to-digital converters", IEEE Transactions on Instrumentation and Measurements, Bd. 45, Nr. 2, S. 616–620 beschrieben.

[0005] Es wird dabei ein leistungsstarker Analog-Digital-Wandler mit einer einzigen Einrichtung zum Abtasten und Halten (Sample&Hold) der abzutastenden Signale vorgesehen. Diese Lösung bietet eine um einen Faktor 7 geringere Leistungsaufnahme als die Verwendung von  $N$  separaten Analog-Digital-Wandlern, wie C. A. Grimberg, "System configuration with A/D conversion for multichannel bioelectric recordings", Proc. Of the 16th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Baltimore, 1994, Bd. 2, S. 996–997 zeigt. Die Abtastung und Wandlung der Signale erfolgt hierbei durch schnelles Umschalten zwischen den abzutastenden Signalen und anschließendes Abtasten, also durch eine serielle Abtastung mit folglich auch nachfolgender serieller Wandlung. Es ist durch die serielle Abtastung keine synchrone Wandlung der  $N$  Signale möglich. Es treten vielmehr Zeit- und Phasenverschiebungen zwischen den einzelnen durch die Abtastwerte repräsentierten digitalen Signalen auf, welche bei einer späteren Signalverarbeitung besonders berücksichtigt werden müssen. Außerdem kommt es in Folge der sprunghaften Umschaltvorgänge von einem Signal zum nächsten zu Einschwingvorgängen, welche maßgeblich die Abtastfrequenz des Analog-Digital-Wandlers bestimmen. So wird beispielsweise bei einem Analog-Digital-Wandler mit  $2^{16}$  Quantisierungsstufen eine Abtastfrequenz  $f_s \geq 15N \cdot B$  benötigt.

[0006] Die Einschwingvorgänge haben zudem ein begrenztes Signal-Quantisierungsrausch-Verhältnis SQNR von ca. 70 dB und eine begrenzte Kanalseparierung von ca. 40 dB zur Folge.

[0007] Als Alternative zu den vorgenannten Maßnahmen schlägt D. Petrinovic vor, pro Signal eine eigene Einrichtung zum Abtasten und Halten (Sample&Hold) vorzusehen, also insgesamt  $N$  solcher Einrichtungen für  $N$  Signale. Dadurch wird eine zeitgleiche Abtastung der  $N$  Signale ermöglicht, um auf diesem Weg Zeit- und Phasenverschiebungen zu vermeiden. Durch die  $N$  separaten Sample&Hold-Einrichtungen ist zwar eine erhöhte Leistungsaufnahme der Gesamtanordnung gegeben, die jedoch geringer ausfällt als die einer Einrichtung mit  $N$  separaten Analog-Digital-Wandlern. Die Analog-Digital-Wandlung erfolgt jedoch auch in diesem Fall seriell durch schnelles Umschalten zwischen den einzelnen gehaltenen Signalpegeln der  $N$  Signale und anschließendes Wandeln. Es treten dabei wiederum störende Einschwingvorgänge auf, die auch hier das Signal-Quantisierungsrausch-Verhältnis SQNR auf ca. 70 dB und die Kanalseparierung auf ca. 40 dB begrenzen. Bei einem Analog-Digital-Wandler mit  $2^{16}$  Quantisierungsstufen wird nun eine Abtastfrequenz  $f_s \geq 7,5N \cdot B$  benötigt.

[0008] Aus US 5 349 351 ist darüber hinaus ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Analog-Digital-Wandlung mehrerer analoger Signale in mehrere digitale Signale bekannt, bei dem ein Multiplexer und eine Schaltung zum Abtasten (sample and hold) verwendet wird.

[0009] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine effektivere Methode zur Analog-Digital-Wandlung mehrerer analoger Signale mit weiterhin möglichst geringem baulichen Aufwand und möglichst geringer Leistungsaufnahme bereitzustellen.

[0010] Diese Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale der Patentansprüche 1 und 13. Außerdem umfasst die vorliegende Erfindung die Anwendung einer erfundungsgemäßen Anordnung im Rahmen einer Sende-/Empfangseinrichtung eines Funk-Kommunikationssystems nach Anspruch 20.

[0011] Bei dem erfundungsgemäßen Verfahren zur Analog-Digital-Wandlung mehrerer analoger Signale in mehrere digitale Signale sind folgende Schritte vorgesehen:

- spektrale Spreizung der analogen Signale mittels orthogonaler Codesignalformen,
- Summation der gespreizten analogen Signale,
- Analog-Digital-Wandlung des analogen Summensignals der gespreizten analogen Signale zu einem digitalen Summensignal,
- spektrale Rückspreizung des digitalen Summensignals zu mehreren digitalen Signalen.

[0012] Es kann dieses Verfahren weiterhin mit einem einzigen, entsprechend leistungsfähigen Analog-Digital-Wandler durchgeführt werden, wodurch weiterhin eine bauliche Einfachheit und eine möglichst geringe Leistungsaufnahme der gesamten Anordnung gegeben ist. Jedoch erfolgt im Gegensatz zum Stand der Technik keine zeitraubende und störanfällige serielle Analog-Digital-Wandlung der Signale, sondern es erfolgt eine gleichzeitige Wandlung aller Signale in Form eines Summensignals, wobei die N einzelnen analogen Signale durch ein Codemultiplex-Verfahren zusammengefügt werden. Die serielle Abtastung der N einzelnen Signale nach dem Stand der Technik, die einem Zeitmultiplex-Verfahren entsprechen, und die damit verbundenen Umschaltvorgänge, welche zu Verzerrungen der Signale führen, werden dadurch entbehrlich.

[0013] Es kann zu einer weiteren Optimierung der Signalverarbeitung vorgesehen sein, dass vor der spektralen Rückspreizung des digitalen Summensignals zusätzlich noch eine Datensignalentzerrung durchgeführt wird. Diese dient dazu, eventuell noch bestehende Störeinflüsse auf die Signale, die während der gesamten Signalverarbeitung auftreten können – z. B. durch Verzerrungen der Signale durch Einschwing- und Ausschwingvorgänge der Sample&Hold-Einrichtungen – weitgehend zu kompensieren. Diese Datensignalentzerrung kann zum Beispiel rein passiv durch fest voreingestellte Parameter einer geeigneten Einrichtung wie eines Filters erfolgen.

[0014] Es kann aber auch vorgesehen werden, dass eine adaptive Datensignalentzerrung durchgeführt wird. Es wird hierzu eine aktive Überprüfung der Signalgüte bzw. der Effektivität der Datensignalentzerrung durchgeführt und es erfolgt eine entsprechende Nachregelung der Parameter der Datensignalentzerrung, wenn die Überprüfung das Ergebnis liefert, dass z. B. die Signalgüte einen bestimmten Schwellwert unterschreitet. Somit wird in diesem Fall eine aktive und dynamische Anpassung der Datensignalentzerrung vorgesehen.

[0015] Als orthogonale Codesignalformen können alle geeigneten orthogonalen Funktionensysteme Verwendung finden, wie beispielsweise harmonische Funktionen, orthogonale Wavelets, Codesignale basierend auf Gold-Sequenzen oder Codesignale basierend auf Walsh-Hadamard-Sequenzen.

[0016] Zur Analog-Digital-Wandlung können alle geeigneten Verfahren verwendet werden, wie sie aus der Standardliteratur wie z. B. aus E. Schrüfer, "Elektrische Messtechnik: Messung elektrischer und nichtelektrischer Größen, 4. Auflage, Hanser Verlag, München/Wien, 1990 bekannt sind. So kann z. B. ein Sigma-Delta-Verfahren verwendet werden, alternativ kann aber auch ein Flash-Verfahren, ein Verfahren der sukzessiven Approximation oder ein Single-/Dual-Slope-Verfahren verwendet werden.

[0017] Um die Verarbeitung der einzelnen N analogen Signale zu vereinfachen, kann insbesondere vorgesehen werden, dass für alle analogen Signale eine einheitliche mittlere Leistung eingestellt wird. Die analogen Signale können jedoch prinzipiell auch eine unterschiedliche mittlere Leistung aufweisen.

[0018] Die vorliegende Erfindung umfasst außerdem eine Anordnung zur Analog-Digital-Wandlung mehrerer analoger Signale in mehrere digitale Signale, die folgendes aufweist:  
mehrere analoge Signaleingänge für analoge Eingangssignale,

- Einrichtungen zur Multiplikation jedes der Eingangssignale mit Codesignalformen, die mit den Signaleingängen verbunden sind,
- eine Einrichtung zur Summation der multiplizierten Eingangssignale, die mit den Einrichtungen zur Multiplikation verbunden ist,
- einen Analog-Digitalwandler, der mit der Einrichtung zur Summation verbunden ist,
- Einrichtungen zur spektralen Rückspreizung, die mit dem Analog-Digitalwandler verbunden sind.

[0019] Wie vorsichtig im Rahmen des erfundungsgemäßen Verfahrens beschrieben, kann auch hier eine noch weiter optimierte Signalverarbeitung erreicht werden, indem die Einrichtungen zur spektralen Rückspreizung über Einrichtungen zur Datensignalentzerrung mit dem Analog-Digital-Wandler verbunden sind. Dadurch können Verzerrungen der Signale noch weiter reduziert werden, wie bereits oben ausgeführt wurde.

[0020] Diese Einrichtungen zur Datensignalentzerrung können beispielsweise als passive Elemente wie digitale Filter ausgebildet sein, bei denen die Parameter ihrer Funktion vordefiniert sind und während des Betriebes der gesamten Anordnung nicht verändert werden.

[0021] Es kann aber auch zur aktiven und dynamischen Anpassung der Datensignalentzerrung vorgesehen werden, dass die Einrichtungen zur Datensignalentzerrung eine Einrichtung zur adaptiven Datensignalentzerrung beinhalten. Diese kann z. B. als Kontrolleinrichtung ausgebildet sein, die die Signalgüte in der Gesamtanordnung oder in bestimmten Teilebereichen der Anordnung überwacht und je nach der Güte der Signale eine Nachregelung der Betriebsparameter bestimmter Teileinrichtungen der Einrichtung zur Datensignalentzerrung, wie beispielsweise bestimmter Parameter digitaler Filter, durchführt. Eine solche Einrichtung ist jedoch nicht allein auf die Verwendung digitaler Filter zur Durchführung der Datensignalentzerrung beschränkt. Da die Datensignalentzerrung auf der digitalen Seite der Gesamtanordnung durchgeführt wird, können die digitalen Signale z. B. auch in einem Speicher zwischengespeichert werden und dort mit jeder geeigneten mathematischen Operation zur Datensignalentzerrung bearbeitet werden. Auch in diesem Fall kann die Datensignalentzerrung durch eine entsprechende Kontrolleinrichtung nachgeregelt werden.

[0022] Die Einrichtungen zur spektralen Rückspreizung können beispielsweise als an die Codesignalformen angepasste Filter (Matched Filters MF) ausgebildet sein. Es werden in diesem Fall also zur Rückspreizung passive Elemente eingesetzt, deren Ausgangssignale durch eine geeignete Abtastung erfasst werden, wobei sich durch die geeignete Wahl der Abtastung eine Korrelation des Ausgangssignals mit bestimmten Funktionen ergibt, die eine Rückspreizung der Signale bewirkt.

[0023] Es können aber auch aktive Elemente zur Rückspreizung verwendet werden. So kann vorgesehen werden, dass die Einrichtungen zur spektralen Rückspreizung als Korrelatoren ausgebildet sind. In diesem Fall erfolgt eine aktive Multiplikation der Signale mit einer bestimmten Funktion, die in der Regel einer der Codesignalformen entspricht, mit Hilfe der Korrelatoren, wobei die Multiplikation bereits die Rückspreizung der Signale bewirkt. Zur Erfassung der Ausgangssignale der Korrelatoren kann vorgesehen werden, dass eine Integration der Ausgangssignale über einen bestimm-

ten Zeitraum erfolgt und lediglich der Wert des Integrals als Ausgangssignal des Korrelators bereitgestellt wird.

[0024] Wie bei bekannten Einrichtungen aus dem Stand der Technik kann auch hier vorgesehen werden, dass die Signaleingänge Einrichtungen zum Abtasten und Halten (Sample&Hold) der Signalpegel der analogen Eingangssignale aufweisen.

5 [0025] Eine spezielle Anwendung einer vorgenannten erfundungsgemäßen Einrichtung bzw. eines erfundungsgemäßen Verfahrens ist deren Verwendung in einer Sende-/Empfangseinrichtung eines Funk-Kommunikationssystems. So kann beispielsweise eine solche Einrichtung zum Analog-Digital-Wandeln im Empfängerteil einer Basisstation eines Funk-Kommunikationssystems vorgesehen werden, die zur Verarbeitung und Wandlung von empfangenen Funksignalen einer oder mehrerer Antennen der Basisstation dient.

10 [0026] Ein spezielles Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird nachfolgend anhand der Fig. 1 erläutert.

[0027] Es zeigt:

[0028] Fig. 1: Schematische Darstellung der Gesamtanordnung zum Analog-Digital-Wandeln von N analogen Eingangssignalen

15 [0029] Nach dem allgemein bekannten Shannonschen Abtasttheorem lässt sich ein analoges Signal  $s_n(t)$  der Bandbreite B bekanntermaßen fehlerfrei aus den zugehörigen Abtastwerten rekonstruieren, wenn die Abtastrate  $f_{s,n} \geq 2B_n$  gewählt wird.

20 [0030] Beim Analog-Digital-Wandeln werden die Abtastwerte gemäß einem vordefinierten Schema zur digitalen Weiterverarbeitung auf fest vordefinierte Repräsentativwerte  $q_i$ ,  $i = 1 \dots m$  quantisiert. Insgesamt stehen m verschiedene Repräsentativwerte, welche auch Quantisierungsstufen genannt werden, zur Verfügung. Der Fehler, der durch die Approximation eines Abtastwertes durch den ihm zugeordneten Repräsentativwert entsteht, wird als Quantisierungsrauschen  $n_{q,n}(t)$  bezeichnet. Die mittlere Genauigkeit der Abtastwerte wird dabei durch das mittlere Signal-Quantisierungsrauschen-Verhältnis

$$25 \text{ SQNR} = \frac{E\{s_n^2(t)\}}{E\{q_{n,n}^2(t)\}}$$

beschrieben.

30 [0031] Es kann in der Praxis der Fall auftreten, dass mehrere analoge Signale  $s_n(t)$  gleicher Bandbreite B in mehrere digitale Signale  $\hat{s}_n(k)$  gewandelt werden sollen, beispielsweise bei Anwendungen in Sende-/Empfangseinrichtungen der Funk-Kommunikationstechnik. Fig. 1 zeigt eine Gesamtanordnung zur Analog-Digital-Wandlung von N analogen Signale  $s_n(t)$  in mehrere digitale Signale  $\hat{s}_n(k)$ , wobei die N analogen Signale  $s_n(t)$  an N analogen Signaleingängen 1 anliegen.

35 [0032] Jedes der N analogen Signale  $s_n(t)$  wird einer separaten Einrichtung 2 zum Abtasten und Halten (Sample&Hold) der Signalpegel zugeführt, welche jedes Signal mit einer Abtastrate von  $2B$  abtastet und den Signalpegel für die Dauer  $1/(2B)$  hält. Auf diesem Weg werden aus den Signalen  $s_n(t)$  die analogen, wertkontinuierlichen Treppenfunktionen

$$40 s_{t,n}(t) = \sum_k s'_n(k) \text{rect}(2Bt - k - 1/2),$$

$n = 1 \dots N$

mit

$$45 s'_n(k) = s_n(k/(2B))$$

gewonnen. In einer weiteren Signalverarbeitungsstufe werden die Signale  $s_{t,n}(t)$  mittels einer geeigneten Einrichtung 3 zur Multiplikation mit jeweils einer von N orthogonalen Codesignalformen  $c_n(t)$  der Bandbreite  $Q \cdot B$ ,  $Q \geq N$  durch 50 Multiplikation spektral gespreizt. Für die spektral gespreizten Signale gilt dabei

$$s_{s,n}(t) = s_{t,n}(t) \sum_{k=-\infty}^{+\infty} c_n(t - k/(2B)) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} s'_n(k) c_n(t - k/(2B))$$

55 [0033] Als orthogonale Codesignalformen werden beispielsweise Walsh-Hadamard-Sequenzen der Länge Q verwendet. Durch analoges Aufsummieren der gespreizten Signale  $s_{s,n}(t)$  mittels einer Summationseinrichtung 4 erhält man ein analoges Summensignal

$$60 s_{\Sigma}(t) = \sum_{n=1}^N s_{s,n}(t) = \sum_{n=1}^N \sum_{k=-\infty}^{+\infty} s'_n(k) c_n(t - k/(2B))$$

[0034] Dies entspricht einem Codemultiplex-Verfahren, wobei die einzelnen analogen Signale  $s_n(t)$  mit einem für sie charakteristischen Code  $c_n(t)$  versehen zu einem Summensignal zusammengefügt wurden.

65 [0035] Das Summensignal kann jetzt gewandelt werden mit Hilfe eines einzigen, entsprechend leistungsfähigen Analog-Digital-Wandlers 5 mit der Abtastrate

$$f_s = 2Q \cdot B$$

welche um den Faktor Q höher gewählt ist, als dies für das Abtasten eines einzelnen Signals  $s_n(t)$  der Bandbreite B nötig wäre. Somit werden effektiv alle analogen Signale  $s_n(t)$  gleichzeitig gewandelt, was die Gesamtanordnung entsprechend effektiver im Gegensatz zum bisherigen Stand der Technik macht. Als Ergebnis der Analog-Digital-Wandlung erhält man das digitale Summensignal

$$\hat{s}_\Sigma(k) = s_\Sigma(k/f_s) + \tilde{n}_q(k)$$

[0036] Dem Summensignal ist infolge der beim Analog-Digital-Wandeln durchgeführten Quantisierung ein Quantisierungsrauschen  $\tilde{n}_q(k)$  überlagert. 10

[0037] Die weitere Verarbeitung des digitalen Summensignals  $\hat{s}_\Sigma(k)$  erfolgt nun mit Hilfe einer digitalen Signalverarbeitungsstufe. Sie dient dazu, das Summensignal wieder in N Einzelsignale  $\hat{s}_n(k)$  aufzuspalten. Die digitale Signalverarbeitungsstufe weist zunächst N Einrichtungen 6 zur Datensignalentzerrung auf, die im Fall nach Fig. 1 als digitale Filter ausgebildet sind. Jedem dieser digitalen Filter 6 ist ein weiteres Filter 7 (Matched Filter) nachgeschaltet, das speziell an eine der N Codesignalformen angepasst sind. Die spezielle Abtastung der Ausgangssignale dieser weiteren Filter 7 zu den Hauptabtastzeitpunkten bewirkt eine Trennung und gleichzeitig eine spektrale Rückspreizung der digitalen Einzelsignale  $\hat{s}_n(k)$ . Für die Ausgangssignale  $\hat{s}_n(k)$  der weiteren Filter 7 zu den Hauptabtastzeitpunkten gilt hierbei

$$\hat{s}_n(k) = \sum_{\nu=1}^N \sum_{\mu=-\infty}^{+\infty} s'_n(\mu) R_{n\nu}(k - \mu) + \tilde{n}_{q,n}(k)$$

wobei  $R_{n\nu}(k)$  für die abgetastete Kreuzkorrelationsfunktion zwischen den Codesignalformen  $c_n(t)$  und  $c_\nu(t)$  sowie  $\tilde{n}_q(k)$  für das  $\hat{s}_n(k)$  überlagerte Quantisierungsrauschen steht. Da orthogonale Codesignalformen  $c_n(t)$  verwendet wurden, gilt 25

$$R_{n\nu}(k) = \delta_{n\nu}(k)$$

[0038] Somit gilt für die Ausgangssignale  $\hat{s}_n(k)$

$$\hat{s}_n(k) = s'_n(k) + \tilde{n}_{q,n}(k)$$

[0039] Die Ausgangssignale  $\hat{s}_n(k)$  der weiteren Filter 7 sind damit gleich den lediglich durch ein überlagertes Quantisierungsrauschen  $\tilde{n}_q(k)$  gestörten Abtastwerten der betrachteten analogen Signale  $s_n(t)$ . 30

[0040] Durch das erfundungsgemäße Verfahren bzw. die erfundungsgemäße Anordnung ist es also möglich, N analoge Signale  $s_n(t)$  von N analogen Signalquellen gleichzeitig mit Hilfe eines einzigen Analog-Digital-Wandlers vom Analog ins Digitale zu wandeln. Es kann experimentell gezeigt werden, dass die Gesamtanordnung im Vergleich zum Stand der Technik ein deutlich günstigeres Verhalten aufweist. So zeigt sich, dass bei einer gegebenen Anzahl von m Quantisierungsstufen des Analog-Digital-Wandlers das für jedes analoge Signal erzielbare Signal-Quantisierungsrausch-Verhältnis SQNR für  $Q = N$  identisch ist mit dem SQNR, das für N separate Analog-Digital-Wandler mit der gleichen Anzahl m an Quantisierungsstufen erzielt wird. Durch Vergrößern von Q bis zu einer Obergrenze von  $2^{N-1}$  lässt sich das SQNR für jedes Signal um 40

$$\Delta \text{SQNR}/\text{dB} = 10 \log_{10}(Q/N)$$

verbessern. Somit kann eine weitgehend freie Einstellung des erzielbaren SQNR bzw. der Abtastrate des Analog-Digital-Wandlers erfolgen. So lässt sich zeigen, dass beispielsweise für die anfangs zitierten Abtastraten  $f_{s1} = 15 \text{ NB}$  und  $f_{s2} = 7,5 \text{ NB}$  bei gleicher Anzahl N der zu wandelnden Signale  $s_n(t)$  eine Verbesserung des SQNR um  $\Delta \text{SQNR}_1 = 8,75 \text{ dB}$  bzw.  $\Delta \text{SQNR}_2 = 5,75 \text{ dB}$  erreicht werden kann. 50

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Analog-Digital-Wandlung mehrerer analoger Signale ( $s_n(t)$ ) in mehrere digitale Signale ( $\hat{s}_n(k)$ ), gekennzeichnet durch folgende Schritte:

- spektrale Spreizung der analogen Signale ( $s_n(t)$ ) mittels orthogonaler Codesignalformen ( $c_n(t)$ ),
- Summation der gespreizten analogen Signale ( $s_n(t)$ ),
- Analog-Digital-Wandlung des analogen Summensignals ( $s_\Sigma(t)$ ) der gespreizten analogen Signale ( $s_n(t)$ ) zu einem digitalen Summensignal ( $\hat{s}_\Sigma(t)$ ),
- spektrale Rückspreizung des digitalen Summensignals ( $\hat{s}_\Sigma(t)$ ) zu mehreren digitalen Signalen ( $\hat{s}_n(t)$ ).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass vor der spektralen Rückspreizung des digitalen Summensignals ( $\hat{s}_\Sigma(t)$ ) eine Datensignalentzerrung durchgeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine adaptive Datensignalentzerrung durchgeführt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass als orthogonale Codesignalformen ( $c_n(t)$ ) harmonische Funktionen verwendet werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass als orthogonale Codesignalformen ( $c_n(t)$ ) orthogonale Wavelets verwendet werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass als orthogonale Codesignalformen

# DE 100 42 959 C 1

(c<sub>n</sub>(t)) Codesignale basierend auf Gold-Sequenzen verwendet werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass als orthogonale Codesignalformen (c<sub>n</sub>(t)) Codesignale basierend auf Walsh-Hadamard-Sequenzen verwendet werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass zur Analog-Digital-Wandlung ein Sigma-Delta-Verfahren verwendet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass zur Analog-Digital-Wandlung ein Flash-Verfahren verwendet wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass zur Analog-Digital-Wandlung ein Verfahren der sukzessiven Approximation verwendet wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass zur Analog-Digital-Wandlung ein Single-/Dual-Slope-Verfahren verwendet wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass für alle analogen Signale (s<sub>n</sub>(t)) eine einheitliche mittlere Leistung eingestellt wird.

13. Anordnung zur Analog-Digital-Wandlung mehrerer analoger Signale (s<sub>n</sub>(t)) in mehrere digitale Signale (s<sub>n</sub>(k)) aufweisend:

- mehrere analoge Signaleingänge (1) für analoge Eingangssignale (s<sub>n</sub>(t)).
- Einrichtungen (3) zur Multiplikation jedes der Eingangssignale (s<sub>n</sub>(t)) mit Codesignalformen (c<sub>n</sub>(t)), die mit den Signaleingängen (1) verbunden sind,
- eine Einrichtung (4) zur Summation der multiplizierten Eingangssignale (s<sub>n</sub>(t)), die mit den Einrichtungen (3) zur Multiplikation verbunden ist,
- einen Analog-Digitalwandler (5), der mit der Einrichtung (4) zur Summation verbunden ist.
- Einrichtungen (7) zur spektralen Rückspreizung, die mit dem Analog-Digitalwandler (5) verbunden sind.

14. Anordnung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtungen (7) zur spektralen Rückspreizung über Einrichtungen (6) zur Datensignalentzerrung mit dem Analog-Digital-Wandler (5) verbunden sind.

15. Anordnung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtungen (6) zur Datensignalentzerrung eine Einrichtung zur adaptiven Datensignalentzerrung beinhalten.

16. Anordnung nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtungen (7) zur spektralen Rückspreizung als an die Codesignalformen (c<sub>n</sub>(t)) angepasste Filter (Matched Filters MF) ausgebildet sind.

17. Anordnung nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtungen (7) zur spektralen Rückspreizung als Korrelatoren ausgebildet sind.

18. Anordnung nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtungen (6) zur Datensignalentzerrung als digitale Filter ausgebildet sind.

19. Anordnung nach einem der Ansprüche 13 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Signaleingänge (1) Einrichtungen (2) zum Abtasten und Halten (Sample&Hold) der Signalpegel der analogen Eingangssignale (s<sub>n</sub>(t)) aufweisen.

20. Sende-/Empfangseinrichtung eines Funk-Kommunikationssystems, aufweisend eine Einrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 19.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

40

45

50

55

60

65

**- Leerseite -**

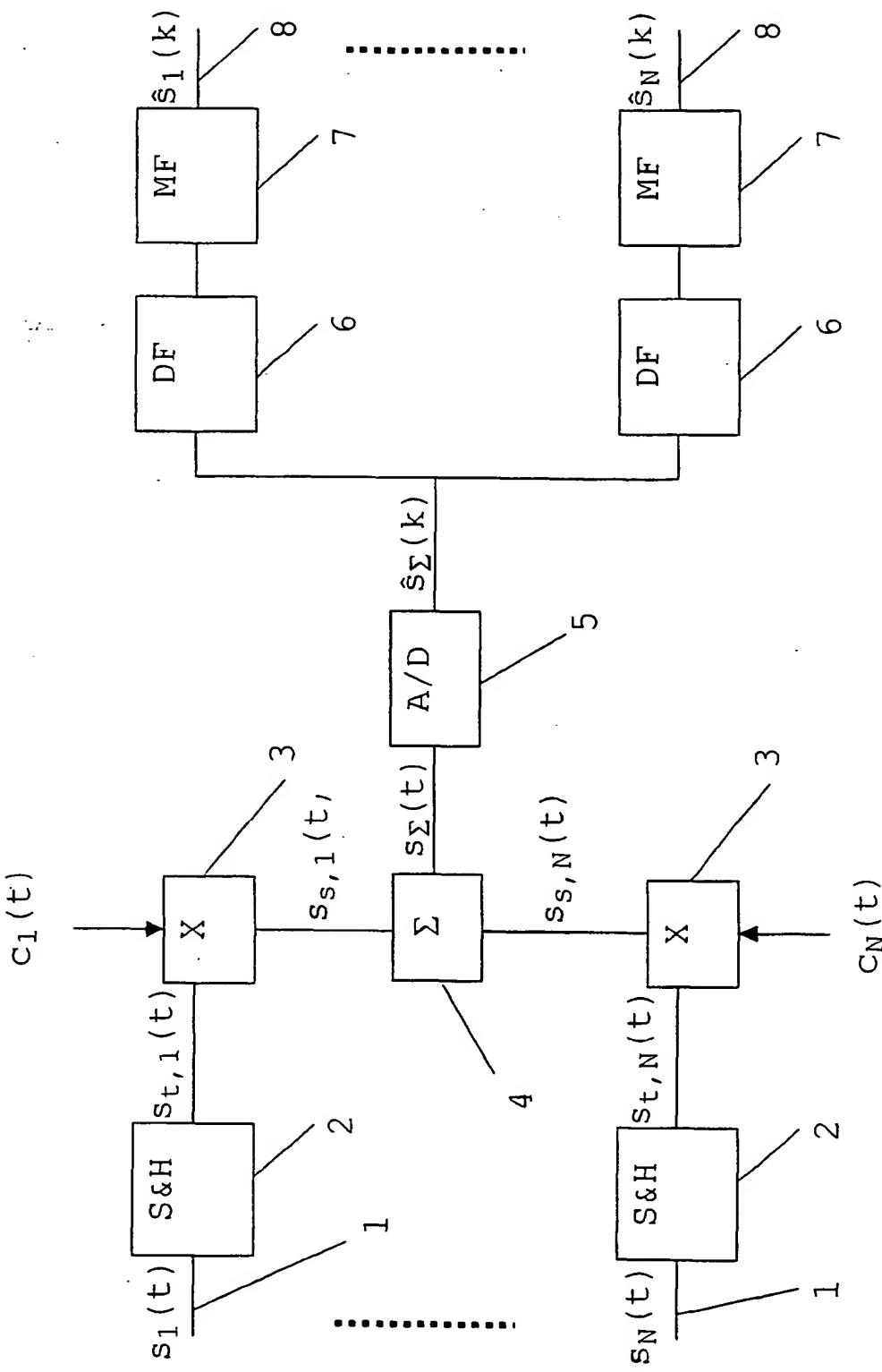


Fig. 1